

# BREVET D'INVENTION

Gr. 5. — Cl. 3.

N° 1.005.997

Perfectionnement aux organes de machines thermiques. (Invention : Yves LE SECH.)  
SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION  
résidant en France (Seine).

Demandé le 27 octobre 1947, à 16<sup>h</sup> 37<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré le 9 janvier 1952. — Publié le 17 avril 1952.

*(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7,  
de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

On sait que des métaux peuvent être revêtus d'une ou plusieurs couches d'émail pour les protéger de la corrosion. Un tel revêtement toutefois ne présente d'intérêt que pour des objets non soumis à des fatigues mécaniques parce que la couche d'émail résiste mal à ces fatigues.

On sait également que des verres ou des céramiques peuvent être revêtus de métaux; jusqu'à ce jour, de tels revêtements ont été faits dans des buts variés tels qu'obtention d'une couche décorative ou réfléchissante ou électro-conductrice, mais on n'a pas toutefois recherché par ce moyen l'obtention de certaines qualités de résistance dans des pièces soumises à la fois à des sollicitations thermiques et mécaniques.

On sait enfin que l'écueil auquel s'est heurté jusqu'ici le développement industriel de certaines turbo-machines travaillant à des températures élevées, comme par exemple les turbines à gaz, est l'absence de matériaux pouvant résister sans déformations notables à des fatigues mécaniques quand ils sont soumis à des températures élevées.

La présente invention a pour objet un procédé permettant d'obtenir à partir d'une combinaison de matériaux actuellement connus pouvant ne pas offrir isolément toutes les qualités requises, des organes ou pièces qui, grâce à leur structure composite, sont toutefois capables de supporter correctement les efforts mécaniques aux hautes températures.

Selon ce procédé, on forme d'abord une âme ou un noyau en métal ou alliage métallique (pouvant être ou non réfractaire selon les cas) et l'on revêt ensuite ce noyau de couches adhérentes alternées d'émail et de métal.

Le nombre des couches peut être variable selon les applications de la pièce envisagée et la constitution de l'âme; également selon les applications de la pièce, on peut terminer par une couche

d'émail ou de métal. Par exemple, la dernière couche pourra être métallique dans le cas d'une ailette de turbine et en émail dans le cas d'une chambre de combustion. Les couches principales peuvent d'ailleurs être assorties de couches intermédiaires appropriées pour améliorer l'adhésion.

On a noté ci-dessus que la nature de l'âme pouvait être variable selon les destinations de la pièce; par exemple, pour une ailette de rotor de turbine à gaz qui est soumise, comme on le sait, non seulement à une haute température mais également à des efforts mécaniques très importants du fait notamment de la force centrifuge, ou encore pour des soupapes de moteurs thermiques qui sont également exposées à des fatigues élevées, on aura intérêt à réaliser l'âme au moyen de l'un des métaux ou alliages fortement réfractaires et résistants au fluage actuellement connus. Au contraire, pour des chambres de combustion stationnaires ou pour des conduites de gaz dont les sollicitations mécaniques sont moins critiques, on pourra, suivant la température des gaz, recourir pour former l'âme soit à des métaux réfractaires, soit à des métaux non réfractaires, soit même à des métaux légers.

Les couches d'émail seront choisies pour accroître le caractère réfractaire, et à son tour le métal déposé sur l'émail sera choisi à la fois en raison de son caractère réfractaire et de ses qualités de résistance mécanique.

Le terme « émail » doit être entendu d'une façon large et, bien que ce terme soit opposé, dans la présente description, aux termes « métal » ou « alliage métallique », il n'exclut pas évidemment la présence d'ions métalliques libres ou combinés au sein de l'émail, puisque l'on sait que de nombreux émaux contiennent des métaux et que, pour une bonne mise en œuvre de l'invention, il y aura souvent intérêt à incorporer à l'émail des ions métalliques analogues ou affins à ceux de l'âme ou

des couches métalliques, afin d'obtenir une bonne adhérence.

Par ce terme « email », on entend selon l'invention, soit une composition pour verre ou pour email de verrerie, ou pour email pour métaux, ou pour vernis, email ou couverte céramiques, soit une composition de pâte céramique, soit un mélange de ces compositions, que l'on peut encore charger de telles matières désirables avant ou après frittage, avant ou après fusion.

En ce qui concerne les couches métalliques, on peut citer, à titre d'exemples non limitatifs des métaux constitutifs : le fer, le chrome, le nickel, le cobalt, le platine et les autres métaux réfractaires, ces métaux étant utilisés soit purs, soit à l'état d'alliages entre eux ou avec d'autres métaux, soit en combinaison avec des métalloïdes.

Le procédé permet d'obtenir notamment les avantages suivants :

1° L'âme conserve à froid et jusqu'à des températures qui dépendent de la nature du métal ou de l'alliage employés pour la constituer, les qualités mécaniques des métaux : résistance à la traction, non fragilité, etc.;

2° Le revêtement lamellaire résiste à la pénétration de la pièce par la chaleur, la couche d'email étant calorifugé tandis que la couche de métal qui l'entoure est réfléchissante;

3° La résistance au fluage est accrue, chacune des couches exerçant un effet de peau sur la couche sous-jacente. La résistance au fluage de la pièce composite est donc plus grande que celle du métal constituant l'âme. La résistance à la corrosion est augmentée par la ou les couches d'email réfractaire et chimiquement stable, tandis que les propriétés mécaniques de chaque couche d'email sont également améliorées par la couche métallique qui la revêt;

4° Il n'est pas nécessaire de polir la surface de l'âme, le poli désirable étant obtenu automatiquement par le revêtement. On évite ainsi une opération d'usinage difficile à réaliser et coûteuse;

5° Enfin, le revêtement peut apporter d'autres propriétés physico-chimiques selon la nature de ses constituants.

Les couches peuvent être uniformes ou non en épaisseur.

Le revêtement modifie dans une mesure plus ou moins importante les cotes des pièces et l'on en tient compte lors du façonnage de l'âme métallique initiale.

La soudure des couches d'email et de métal, et plus particulièrement la soudure de la première couche à l'âme métallique, peut être assurée par un choix convenable de la composition chimique des couches. Par exemple, une âme en un alliage contenant du cobalt sera revêtue d'un email contenant de l'oxyde ou de l'aluminate de cobalt, la

diffusion des ions de cobalt entre la couche d'email et le métal assurant l'adhérence. Dans certains cas, on pourra superposer plusieurs couches d'email ou de métal différentes pour assurer l'adhérence de proche en proche, si la dernière couche et le support à revêtir n'ont pas par eux-mêmes entre eux une adhérence suffisante.

Les couches d'email peuvent être posées au pinceau, ou par aspersion, par poudrage à l'insufflateur, par impression (par exemple par impression lithographique, en particulier sur support de collodion) ou par tous autres moyens propres aux industries de la céramique, de la verrerie ou de l'émaillerie.

Les couches métalliques peuvent être déposées par métallisation, par voie électrolytique, par déplacement chimique, etc.

Les couches peuvent être soumises après leur dépôt à des traitements destinés à les améliorer, par exemple à des traitements thermiques.

Le dessin annexé représente à titre non limitatif trois exemples d'application de l'invention :

La figure 1 est une coupe radiale d'une ailette pour roue de turbine à gaz;

Les figures 2 et 3 sont des coupes axiales d'une partie d'une chambre de combustion et d'une partie d'une conduite de gaz chaud.

L'ailette représentée sur la figure 1 comporte une âme *a* en un alliage très réfractaire et résistant au fluage, tel qu'un acier austénitique au nickel chrome. Cette âme *a* est recouverte d'une couche métallique *m*<sub>1</sub> en nickel déposée par voie électrolytique après traitement de surface de l'âme. La couche *m*<sub>1</sub> est ensuite recouverte d'une couche *e* en email à l'oxyde de zirconium enrichi d'autres oxydes réfractaires tels que l'oxyde de molybdène, l'oxyde de vanadium, l'oxyde de tungstène, etc. Cette couche est posée par pulvérisation. Elle est cuite une première fois, puis glacée en surface avec la même composition d'email moins les oxydes réfractaires.

L'adhérence de la couche *e* au nickel de la couche *m*<sub>1</sub> peut être améliorée en déposant dès le début de la pulvérisation un léger nuage de la fritte d'email, broyée sans les oxydes réfractaires mais chargée d'ions de nickel et de bismuth.

Enfin, la couche *e* est recouverte d'une couche *m*<sub>2</sub> de chrome déposée par voie électrolytique après amorçage de cette couche métallique sur la couche *e*. Cet amorçage peut être réalisé par cémentation de l'email de la couche *e* au moyen d'une suspension liquide d'un sel de chrome facilement décomposable par la chaleur, ladite suspension étant étendue au pinceau sur l'email et portée ensuite à une température inférieure au point de ramollissement de la couche de glaçage de l'email.

On remarquera que vers le talon *t* de l'ailette (talon destiné à la fixation sur le rotor), la couche

métallique  $m_2$  s'accroche directement sur l'âme  $a$  en formant ainsi un gainage de l'émail et un circuit conducteur fermé. ce qui est intéressant pour l'évacuation vers la masse du rotor de la chaleur accumulée dans les couches métalliques.

La chambre de combustion représentée en coupe partielle sur la figure 2 comporte une âme ou support tubulaire  $a$  en métal non réfractaire tel que fer doux, cuivre, etc. Intérieurement, cette âme est revêtue d'une couche  $e_1$  d'émail au zirconium de faible réfractarité, d'une couche  $m$  d'un métal réfractaire tel que le nickel, le cobalt ou le chrome, enfin d'une couche  $e_2$  d'émail très réfractaire, pouvant être aussi un émail au zirconium mais chargé d'une quantité plus importante d'oxydes réfractaires.

La conduite de gaz chaud représentée en coupe partielle sur la figure 3 comporte une âme ou support  $a$  qui, suivant la température des gaz véhiculés, peut être en métal ou alliage réfractaire, en métal non réfractaire ou même en métal léger. Intérieurement, l'âme  $a$  est recouverte d'une couche  $m_1$  de nickel, elle-même recouverte d'une couche  $e_1$  d'émail au zirconium, recouverte à son tour d'une couche de nickel  $m_2$  et ainsi de suite, les couches d'émail étant de plus en plus chargées en oxydes réfractaires à mesure que l'on s'approche de l'axe de la conduite et la couche finale étant en émail. La liaison de chaque couche d'émail à la couche de nickel précédente et à la couche suivante est assurée par cémentation. le sel utilisé pour cette cémentation étant un sel de nickel dans l'exemple décrit.

On peut réaliser si nécessaire, une connexion des couches métalliques principales avec l'âme également métallique, comme dans le cas de la figure 1.

Il va d'ailleurs de soi que ces modes de réalisation ne sont donnés qu'à titre d'exemples et qu'ils pourraient être modifiés notamment par substitution d'équivalents techniques sans que l'on sorte pour cela du cadre de l'invention.

Celle-ci s'étend aux pièces finalement obtenues telles que ailettes, disques de roues, tuyères fixes ou mobiles, chambres de combustion, tuyauteries, soupapes pour moteurs à explosion ou à combustion, etc.. et aux machines munies de telles pièces.

#### RÉSUMÉ :

1° Procédé d'obtention d'organes de machines thermiques consistant à former d'abord une âme ou un noyau en métal ou alliage métallique, réfractaire ou non selon les cas, et à revêtir ensuite ce noyau, au moins sur sa face exposée, de couches adhérentes alternées d'émail et de métal.

2° Des modes de réalisation présentant les particularités suivantes prises séparément ou selon les diverses combinaisons possibles :

a. L'âme est revêtue d'une couche d'émail, puis celle-ci recouverte d'une couche de métal, puis celle-ci si l'on veut d'une couche d'émail, etc., en terminant soit par une couche de métal soit par une couche d'émail selon les applications de la pièce;

b. Les couches principales d'émail ou de métal sont assorties de couches intermédiaires en vue par exemple d'améliorer l'adhérence ou dans tout autre but; par exemple l'âme peut être d'abord revêtue d'une couche de métal avant l'application de la couche d'émail;

c. Les couches d'émail sont choisies pour accroître le caractère réfractaire à mesure que l'on s'éloigne de l'âme et le métal déposé sur l'émail est choisi à la fois en raison de son caractère réfractaire et de ses qualités de résistance mécanique;

d. L'adhérence des couches d'émail aux couches de métal et réciproquement est assurée par la présence au sein de l'émail d'ions métalliques analogues ou affins avec ceux des couches de métal;

e. L'adhérence des couches est assurée par cémentation;

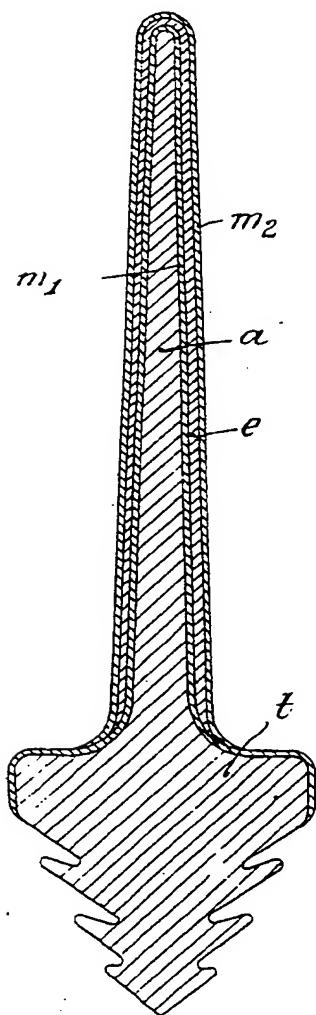
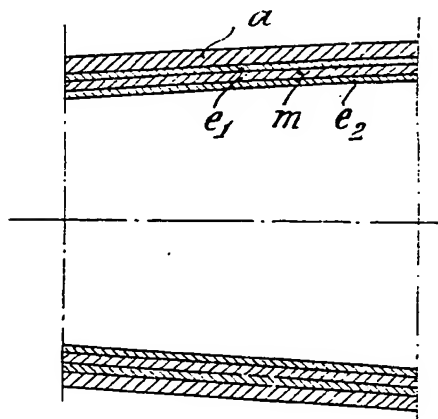
f. Les couches métalliques sont reliées d'une façon conductrice à l'âme et au support de celle-ci, pour faciliter l'évacuation de la chaleur desdites couches.

3° A titre de produits industriels nouveaux, les pièces et organes pour machines thermiques et les machines comportant application de telles pièces.

SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCTION  
DE MOTEURS D'AVIATION.

Par procuration :

J. CASANOVA (Cabinet ARMENGAUD jeune).

*Fig. 1.**Fig. 2**Fig. 3.*